

A Smart city koncepció a Salzburg térségében folyó projektek tanulságainak tükrében

dr. Munkácsy Béla - Havas Márton - Hrenkó Izsák – Szücs Péter Noel
egyetemi adjunktus* és egyetemi hallgatók
munkacsy.bela@ttk.elte.hu*

Kulcsszavak- Keywords: Smart Territory, multidiszciplináris energiatervezés, elektromobilitás, fogyasztáscsökkentés

1. Bevezetés

A „Smart City” napjaink igen divatos témája, amit mi sem jelez jobban mint az a tény, hogy Google keresésünk erre a kifejezésre 9,6 millió találatot adott – ugyanakkor figyelemre méltó, hogy a „Smart Village” 360000 találatot, a „smart region” pedig csak 75600-at (és ezek jó részének nincs köze az energetikához). Az is tény, hogy igen sokféle különböző megoldásra, megközelítésre gondolunk e kifejezések említésekor, amelyek számtalan olyan kérdést is felvetnek, amelyek közül néhány fontosabbat jelen írásunkban szándékozunk tisztázni: a) mire jó egy Smart city - milyen súllyal jelenik meg benne például a környezeti vagy gazdasági fenntarthatóság elősegítése, illetve milyen ezek egymáshoz való viszonya? b) hol vannak a Smart city kategória méretbeli határai, vagyis egy kisebb, néhány száz lakosú település képes-e önmagában Smart city (vagy egyszerűen csak smart) lenni? c) mennyire jelenti a Smart city koncepció a tradicionális (low/appropriate technologies) és modern technológia (high-tech) szembenállását, vagy mennyire lehetséges ezek szimbiózisa egy adott földrajzi térben?

A téma feldolgozásához kétféle módszert választottunk, egyfelől a meglévő szakirodalmi forrásokat dolgoztuk fel, másfelől egy tanulmányútnak köszönhetően osztrák esettanulmányokat vettünk górcső alá, és tanulságaikat alkalmaztuk a hazai helyzetre.

2. Smart city koncepciók – Smart city conceptions

A **Smart city (intelligens város) fogalmának meghatározása** során tisztázni kell, hogy milyen összetevők szükségesek ahhoz, hogy egy várost intelligensnek nevezhessünk – azonban mindjárt le is kell szögeznünk, hogy egységes álláspont a

szakirodalmi forrásokban ezen a téren nincsen, bár kapcsolódási pontok az eltérő véleményekben természetesen vannak. Általánosságban elmondható, hogy a smart komponensek több tudományterületről származnak, így az elemzés feltétlenül multidiszciplináris megközelítést igényel. Ugyancsak általános az az álláspont, hogy a fogalom értelmezésében fontos pilléreként kell megjelenjen a gazdaság, a népesség/társadalom, illetve a környezet – ami egybevág a fenntarthatóság három alappillérével – valamint ezeken túl a közlekedés is. A témában egyik legtöbbet idézett tanulmány, Giffinger, R. (2007) tanulmánya szerint, egy **háromszintű hierarchikus felosztást** volna célszerű alkalmazni a smart cityk tekintetében, ezen belül a legmagasabb szinten a következő **6 fő ismertetőjegyet** (characteristics) javasolja: Smart People, Smart Governance, Smart Mobility, Smart Economy, Smart Environment illetve Smart Living. Ezt a megközelítést igen figyelemre méltónak tekintjük, hiszen jól tükrözi azt a multidiszciplináris szempontrendszert, amit jelen írás szerzői is kulcsfontosságúnak tekintenek. Kiemelendőnek tartjuk az **intelligens emberek**, és az **intelligens kormányzás** fontosságát, mert ezek nélkül a másik négy ismertetőjegy sem lesz felfedezhető a rendszerben. Ezeket a pilléreket bontja tovább a szerző **faktorokra** (eredetileg 33 db, végül azonban adatok hiánya miatt csak 31 db), illetve egy legelső szinten **indikátorokra** (74 db). A tanulmány nem tesz említést a 6 fő ismertetőjegy közötti súlyozásról, mind a hatot azonos mértékben veszi figyelembe. Bisegna, F. et al. (2015) tanulmányában 5 tengelyt (axes) határoznak meg, melyek a következők: Economy (Dynamism and innovation), Energy (Sustainability and optimisation), Mobility (Movement), Environment (Enhancement), illetve Community (Participation and Communication) – ezzel nem változtatott lényegesen a giffingeri felosztáson, ráadásul legfontosabb ismérvek továbbra is a tengelyek együtt történő kezelését tekinti, tehát ez sem alkalmaz súlyozást a tengelyek kapcsán. Mi azonban az említett tanulmányokkal ellentétben úgy gondoljuk, hogy a smart city fogalom tartalmának meghatározásakor feltétlenül szükséges egyfajta fontossági sorrendet felállítani az egyes ismertetőjegyek/tengelyek között. Úgy gondoljuk, hogy egy település akkor – és csak akkor – lehet smart, ha mindenben megfelel a **környezeti fenntarthatóság** szempontjainak, tehát ennek a tengelynek feltétlenül komolyabb súllyal kell megjelennie, mint bármelyik másiknak. Ennek okát abban látjuk, hogy az iparilag fejlett országok ökológiai lábnyomának 60-65%-a származik az energetikai szektorból (lásd például Swiss Federal Statistical Office, 2006), mely tény kifejezetten aggasztónak látszik, hiszen ezek szerint ez az az emberi aktivitás, amely legnagyobb szerepet játszik abban, hogy az ipari civilizáció súlyos környezeti és erőforrás-válságba sodródott.

Ennek tükrében tehát az álláspontunkhoz legközelebb álló Smart city értelmezést De-Pablos-Heredero, C. et al. (2015) elképzelésének újragondolásával, kiegészítésével oly

módon fogalmazhatjuk meg, hogy a **valódi okos várost** (ultimate Smart city) négy irányvonal

- a) a környezeti fenntarthatóságra fókuszáló **„sustainable Smart city”** (a hatalmas energialábnym csökkentését célzandó);
- b) az ICT (információ- és kommunikáció-technológiai) megoldásokkal támogatott **„sensored Smart city”** (beleértve a legkorszerűbb megközelítésű „smart hibrid grid” koncepciót, amely az elektromos rendszer mellett a hőenergia- és a gáz infrastruktúrát, illetve ezek együttműködését is figyelembe veszi);
- c) az aktív egyéni és közösségi részvételre támaszkodó **„collaborative Smart city”** (számos példa támasztja alá, hogy a technológiát felhasználó ember hozzáértő beavatkozásai, illetve a közösség támogató hozzáállása nélkül a végső eredmény akár rosszabb is lehet, mint a kiindulási állapot);
- d) valamint a **közgazdasági/környezetgazdasági szempontokat** érvényesítő, így az externális költségeket is figyelembe vevő megközelítés **kombinációjaként** kell értelmezni. Tehát véleményünk szerint a Smart city/Village elsősorban a környezeti fenntarthatóságra kell, hogy épüljön, ami alatt az emberi közösségek, települések ökolábnymának, ezen belül elsősorban az energialábnymának csökkentését értjük.

Ezek után még két lényeges kérdést kell tisztázni:

1. hogyan kell kezelni a projektméretet - vagyis milyen lakosságszám esetében beszélhetünk smart cityről?
2. milyen összefüggés van a smart és a fenntartható rendszerek között – vagyis működtethető-e fenntartható módon az energiagazdálkodás a smart jellemzők nélkül?

A projektméret és a „smart” jellemzők összefüggése

Bisegna, F. et al. (2015) szempontjai alapján – melyek között a méret közvetlenül nem, csak áttételesen jelenik meg (pl. a gazdaság dinamizmusa és innovációs mutatói kapcsán) – lehetséges smart cityként Magyarországon csak Budapestet és a megyeszékhelyeket vehetjük számba. Azonban miért ne lehetne egy kisebb település vagy ezek csoportja is intelligens (smart)? Véleményünk szerint a méret oly módon függ össze az intelligens (smart) jellemzőkkel, hogy egy mérettartomány és népsűrűség fölött a jó és hatékony működés érdekében elkerülhetetlennek látszik az információs és kommunikációs megoldások alkalmazása. Ez azonban nem zárja ki azt, hogy kisebb településeken is olyan energiarendszert működtessenek, amely megfelel a a) környezeti fenntarthatóság; b) az információs technológia alkalmazása; c) a részvétel elve (lásd De-Pablos-Heredero, C. et al. [2015]); valamint d) a gazdaságosság komplexen értelmezett alapelveinek,

vagyis intelligens. A dolgozatunk témájának választott modellterületben, Salzburg környékén is számos olyan kisebb település is akad, amely komoly erőfeszítéseket tesz annak érdekében, hogy a fenti elveknek megfelelő módon működjön.

A Smart city elképzelések többnyire erős és komplex elméleti háttérrel rendelkeznek, viszont ezek a gyakorlatban legtöbbször csak földrajzilag egymástól elszeparált projektek formájában valósulnak meg. Ezzel azonban véleményünk szerint az egész elképzelés lényegi eleme sérül. Ahhoz, hogy a különálló projektek szinergiája megvalósuljon, a szűken értelmezett műszaki szempontokon túlmutató komoly területi tervezésre, illetve területi kohézióra van szükség. A jövő nagy kihívása tehát a települési rendszerek összehangolása, vagyis az „intelligens város” helyett az „intelligens térségekben” (smart territory) való gondolkozás elősegítése (Garcia-Ayllon, S. - Miralles, J. L. 2015). A fentiekre hivatkozással jó iránynak tekinthetjük az országrészekben (KEF n.d.), országokon (Kemp, M. 2010), államszövetségeken át (Mark, Z. J. et al. 2015) egészen a globális szintig való stratégiai tervezést **fenntartható energiarendszerek** létrehozására és működtetésére.

A fenntarthatóság és a „smart” jellemzők összefüggése

A jövő energiagazdálkodásának legfőbb kérdése, hogy milyen úton jutunk el a fenntarthatósáig. Erre alapvetően két irány merül fel a szakirodalomban: a hagyományos(abb) megoldások (low tech/appropriate technologies¹) illetve a csúcstechnológia-központú (high tech²) megközelítés. Kérdés, hogy csupán a fenti technológiák használatával elérhető-e az energiagazdálkodás környezeti hatásainak csökkentése. Egyes elképzelések, így De-Pablos-Heredero, C. et al. (2015) szerint elérhető, az általa használt „fenntartható intelligens város” (sustainable smart city) megközelítés feltétlenül erre utal. Ugyanakkor számos példa támasztja alá azt, hogy a technológiai megoldások önmagukban nem célravezetők, hiszen ezek mellett nem lehet eltekinteni az emberi tényezőtől sem. Ismeretes például a Jevons-paradoxon vagy a Rebound Effect (hatásvesztés jelensége), amelyek éppen arra világítanak rá, hogy a műszaki megoldások alkalmazásával nem törvényszerűen következik be az elvárt mértékű környezetterhelés-csökkenés, sőt a probléma az eredetinel akár nagyobb mértékű is lehet. Vagyis akár a hagyományos, akár a technológiaközpontú megoldásokat

¹ **appropriate technology/megfelelő technológia:** az a technológia, mely azon földrajzi terület társadalmi és gazdasági paramétereire igazodik, amelyen alkalmazzuk, a környezeti szempontokat figyelembe véve elősegíti használoinak az önellátásra való átállást (Merriam Webster, 2015)

² **high technology/csúcstechnológia:** azon technológiai vívmányok, melyek működésük során digitális (információ- és kommunikációtechnológiai - ICT) eszközöket, folyamatokat használnak, pl. smart metering

alkalmazzuk, mindenekelőtt a multidiszciplinaritást kell fő eszközként kiemelni, vagyis be kell látnunk, hogy az emberi tényezőt vizsgáló társadalomtudományokat sem hagyhatjuk figyelmen kívül a megoldáskeresésben. Ezt támasztja alá számos egyéb mellett Bauer, M. A. és Brown, A. (2014) tanulmánya is, amelyben hangsúlyozzák, hogy a jól működő rendszerek legfőbb jellemzői között első helyen szerepel a „community input” (az érintettek, a felhasználók, a helyiek); a technológia, illetve az ehhez kapcsolódó szaktudás viszont csak a 3. legfontosabb szempontként jelenik meg.

A műszaki technológiák alkalmazásának szintjei

Kérdésként merülhet fel, hogy egy intelligens város vajon működhet-e csupán „megfelelő” (appropriate) technológiával. A korábban bemutatott „valódi okos város” definíció szerint nem, hiszen ezeknek központi eleme éppen a csúcstechnológia alkalmazása. Ennek kapcsán érdemes rávilágítani arra, hogy a települések méretének gyarapodásával közel arányosan nő a technológiai igény, és ezzel együtt az ICT (információs és kommunikációs technológiák) alkalmazásának szükségessége. Általában ugyanis a méret növekedése minőségi váltásba csap át azzal, hogy olyan összetettebb rendszerek jönnek létre, ahol a rendszer irányításához már szükséges a csúcstechnológia alkalmazása. A csúcstechnológia nem csak az energiatermelés és -felhasználás folyamatos megfigyelését teszi lehetővé, de ennek segítségével például az energiaárak is dinamikusan alakíthatók a termelés és fogyasztás pillanatnyi helyzetének, sőt várható jövőbeli alakulásának függvényében. Ezen megoldások fontosságára hívja fel a figyelmet egy Seattle-ben alkalmazott high-tech fejlesztés, amely csupán az információáramlás javításával az energiafelhasználás 10%-os, az energiahálózat terhelésének pedig 15%-os csökkenését eredményezte (Paroutis S. et al. 2013).

A korábban bemutatott definíció magában hordozza, hogy „smart village”-ek esetében ugyancsak megtörténik a csúcstechnológia alkalmazása. Erre már láthatunk példákat egyre több ország, így Ausztria, Dánia, Svédország, vagy Németország kistélepüléseinek esetében. Gyakorlati szempontból egyszerűbben követhető megoldásnak látszik a csúcstechnológia nélküli, hagyományos megoldások kiterjedt alkalmazása, ami környezeti szempontból ugyancsak elvezethet a fenntarthatósághoz. Ezeket a falvakat, kistélepüléseket azonban nem intelligens, hanem például ökofalvakként (eco-villages) értelmezzük.

Ugyancsak megoldás lehet a csúcstechnológia és a „megfelelő” technológia ötvözése, amire akár már az épületek energetikai megoldásainak szintjétől (például fűtés) beszélhetünk – általában ilyen esetekben derül fény a csúcstechnológiai megoldások

kiszolgáltatottságára, sebezhetőségére. Ezek működtetéséhez ugyanis speciális feltételekre, például egy támogató infrastruktúrára, szolgáltatásra (leginkább villamos áramra) van szükség, amelynek hiányában a csúcstechnológia működésképtelen. Mindemellett ezeknek a műszaki megoldásoknak a meghibásodási valószínűsége is lényegesen nagyobb, ebből fakadóan magasán felkészült szakembergárda képes ezeket üzemeltetni, karbantartani, javítani. További ellenérv, hogy ezek esetében a beruházási és üzemeltetési költségek is lényegesen magasabbak lehetnek (pellet tüzelés vs. tömegkályha), valamint egy teljes életciklus-elemzés során sok esetben nem könnyű a fenntarthatóságukat igazolni. Kisebb települések esetében – ahol a csúcstechnológiai megoldások alkalmazása nem szükségszerű – éppen ezért ezek alkalmazása csak visszafogott mértékben javasolható.

Az osztrák energetikai fordulat motorjai a „Klíma és Energia Modellrégiók”

Az osztrák kormány rövid távú célja a teljes primer energiafelhasználásban a 2005. évi 24,4%-ról másfél évtizeden belül 35,5%-ra (2020) növelni a megújuló energiaforrások részarányát. Egyes térségek, illetve városok már a 2050-es célértéket is meghatározták, amely nem egy esetben a teljes átállás, vagyis a 100%-os részarány elérése! Ennek érdekében a kormányzat számos igen fontos gyakorlati lépést tett már eddig is, amelyek közül az egyik első (és talán legfontosabb) egy olyan szervezet, a **Klíma és Energia Alapítvány** (Klima- und Energiefonds) létrehozása (2007-ben), amelynek feladata, hogy új és innovatív megoldásokat dolgozzanak ki a klímavédelem terén és látható eredményeket mutassanak fel a fenntartható energiapolitika vonatkozásában. A szervezet klímavédelmi és energetikai kutatásokat, valamint mobilitással és piaci mozgásokkal kapcsolatos vizsgálatokat támogat – különös tekintettel a fenntarthatóság és a hatékonyság szempontjaira. A szervezet egyik legsikeresebb projektje a **Klíma és Energia modelltérségek** (Klima- und Energiemodellregionen), amely egy alulról szerveződő, egész Ausztriára kiterjedő kezdeményezés. Ehhez olyan térségek csatlakozhattak, amelyek a fosszilis energiahordozóktól való függetlenedést tűzték zászlajukra – így hozzájárulnak a kormányzat azon céljához, hogy 2050-re megvalósulhasson az ország energetikai önállósága. Ennek lényege a helyben elérhető erőforrásokra való támaszkodás, a megújuló energiaforrások működőképes aránya (ideális esetben akár a 100% részarány elérése), megnövelt energiahatékonyság, valamint az intelligens szabályozás. A sikert mutatja, hogy a kezdeményezés már 104 modellrégiót, ezen belül több mint 1100 települést számlál, ezáltal mintegy 2,7 millió állampolgárt ér el. Többek között értékes tapasztalata a programnak, hogy az energetikai önellátás elérésében az ideális lakosságszám maximum 60000 fő (KEF n.d.). E fölött már olyan bonyolult műszaki megoldások alkalmazására lehet szükség, amelyek erősen befolyásolják a projektek gazdasági megtérülését.

További jó példa az Ausztriában 1998 óta futó **e5-program**, ami valójában egy többlépcsős útmutató, egyfajta energiastratégia a részt vevő több mint 100 település számára. A program 84 irányadó szemponttal rendelkezik az energetika 6 területén. A települések ezeknek a pontoknak köszönhetően válnak összehasonlíthatóvá és a lépések megtételét is ezek segítségével tudják ellenőrizni. Az egyes feltételeknek való megfelelés módszertana az egyik település esetében a többi település számára elérhető „jó gyakorlattá” válhat. A hatékony munka okán minden településen alkotni kell egy öt főből álló csapatot, melyben részt vesz politikai, és civil szereplő, valamint energetikában jártas személy is. A csapatoknak bizonyos időközönként tervezeteket kell küldeni a területi e5 képviselőjüknek, aki a tervezetet felülvizsgálja, illetve javaslatokat tesz azért, hogy a megvalósítás minél hatékonyabb lehessen. Az e5 program keretében a települések öt lépcsőben végül elnyerhetik a legmagasabb fokozatot („eeee”), ami azt jelenti, hogy az energiastratégiában található feladatok 75%-át teljesítették és egyenértékű az **European Energy Award®** Gold fokozatával (míg például 50%-os eredménnyel „eee” minősítést kaphatnak, ami a **European Energy Award®** minősítésnek felel meg).

3. Salzburg Smart Grid Modellrégió

A modellrégió több települést érintve 1 nagyobb ipari fogyasztóra, 30 kis- és középvallalatra, valamint 22000 háztartásra terjed ki (ebből ténylegesen 500 vesz tevékeny formában részt a projektben). A fogyasztók közül 1100 rendelkezik okos mérővel, 170 elektromos autóval, míg a decentralizált energiatermelésben 18 kisebb vízerőmű (24 MW) és 263 napelemes rendszer (3,1 MW) vesz részt (Reiter, D. - Emmermacher, L. ed. 2013).



1. ábra: Salzburg tartomány és a Salzburgi Tóvidék Modellrégió (KEF n.d. alapján)

A modellrégiós projekt keretében eddig 22 kisebb, ám szorosan egymáshoz kapcsolódó, egymásra épülő részprojekt valósult meg, így például a teljesség igénye nélkül:

DISPOWER: elosztott energiatermelés hatása a villamos hálózatra;

DG Demo Net Concept: innovatív aktív hálózati kontroll koncepciók modellezése és megvalósítása elosztott termelés esetében, holisztikus megközelítésben;

BAVIS: Aktív elosztóhálózati rendszerirányítás kialakítása innovatív feszültségszabályozáson keresztül;

ISOLVES: okos mérési rendszerek és hozzájuk kapcsolódó kiefeszültségű hálózatok monitorozása és analízise;

Smart metering pilot: Az hibrid okos mérés technológiai feltételei;

Fuel cell heating: tüzelőanyagcellás fűtési megoldások központi fűtéses rendszerekben;

Micro CHP Net: Központi irányítású virtuális erőmű (4 darab CHP egység) működtetése;

ElectroDrive Model Region: 170 elektromos autó üzemeltetésének tapasztalatai egy smart grid rendszerben;

Building to Grid (B2G): 10 épület intelligens beillesztése a smart grid rendszerbe egy pilot program keretében;

Consumer to Grid (C2G): 288 háztartás áramfelhasználásának csökkentése okos mérésre támaszkodó visszajelzések segítségével;

PEEM – Persuasive End-User Energy Management: 24 háztartás áramfelhasználásának időbeliségére fókuszáló projekt, amelyben elsősorban a motiváció szerepét vizsgálták

Smart Heat Net: intelligens működtetési és kontroll stratégiák vizsgálata a csúcsidőszaki hőenergia-felhasználás mértékének csökkentése érdekében;

SmartSynergy: Az ICT infrastruktúra szerepe az elektromos közlekedés és a smart grid kapcsolatrendszerében – az esetleges szinergiák feltérképezése;

Vehicle to Grid (V2G) – Interfaces: Üzleti modellek és interfészek az elektromos járművek rendszerbe integrációjában;

Vehicle to Grid (V2G) – Strategies: nagyszámú elektromos autó üzembe helyezésének technológiai, gazdasági és környezeti következményei;

4. Köstendorf Smart Grid projekt

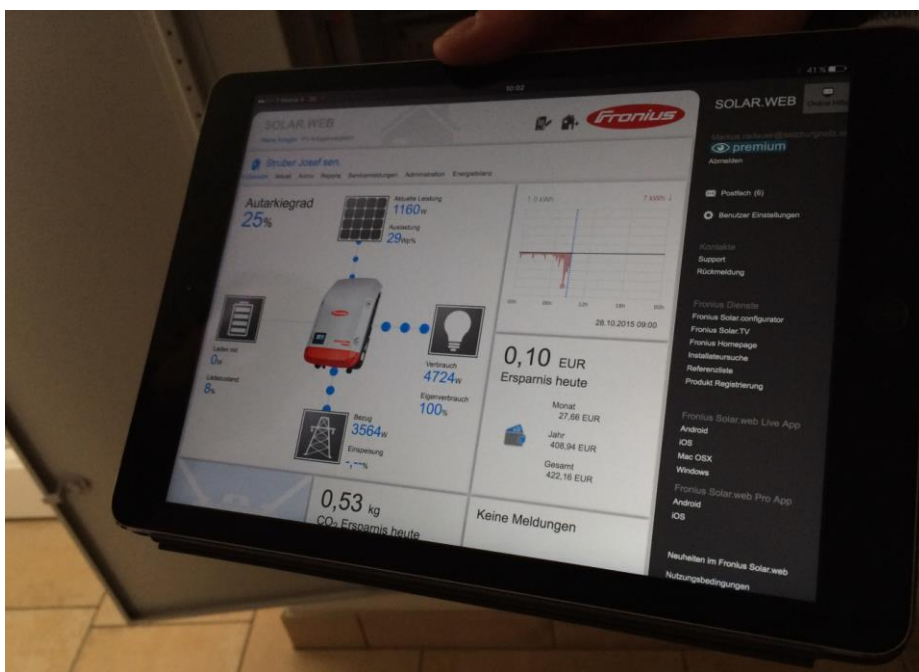
A salzburg térségi nagyívű program egyik legfontosabb eleme a Köstendorf Smart Grid projekt. A 2500 lakosú település energiarendszerét 2013 áprilisában 10-20 évvel mozdították előre a jövőbe azáltal, hogy egy smart grid (okos hálózat) pilot projektet építettek ki, melynek segítségével kicsiben lehet modellezni egy jövőbeli energiarendszer működését annak érdekében, hogy a megújuló energiaforrások háztartási léptékben való alkalmazásának terjedése zökkenőmentes, az energiarendszer (ezen belül a közlekedés) környezeti hatásainak csökkentése szignifikáns mértékű lehessen. A rendszer lelke az erőforrás-felhasználás minél nagyobb szegmensére (áram, hő, gáz, közlekedés) kiterjedő holisztikus megközelítés, és egy új szabályozási szemlélet, amelyben nem az energiatermelést igazítják a felhasználás üteméhez (mint eddig), hanem az energiafelhasználás ritmusát igazítják a termeléshez. A szemlélet megvalósítása olyan újszerű technológiai eszközök alkalmazására készíti a szakembereket, mint például a változtatható feszültségű transzformátor, az okosmérők vagy a háztartási méretű villamosenergia-tárolók.

A megújuló energiaforrások elosztóhálózatba történő integrációja

A Köstendorf település belső zónájában 2013-ban létrehozott mintaterületen 90 fogyasztó (háztartás/épület) vesz részt a programban. Csaknem minden második épületre **napelemes rendszereket** szereltek fel, így 43 háztartás immár jelentős áramtermelőként jelenik meg a helyi villamosenergia-hálózatban – ráadásul ezek mindegyike rendelkezik **elektromos autóval**, illetve öt háztartás/fogyasztó olyan **akkumulátoros áramtárolási** megoldásokkal is, amelyek 5-6 kWh villamos energia tárolására alkalmasak (a Tesla 2015 áprilisában bemutatott PowerWall megoldásai 7, illetve 10 kWh kapacitásúak).

A villamosenergia-hálózatban az energiatermelésnek és a fogyasztásnak egymáshoz kell igazodnia, azonban az időjárásfüggő megújuló energiaforrások egyre nagyobb arányú rendszerbe integrálása ezt csak egy új szemlélettel teszi lehetővé. Ahhoz, hogy ez az integráció ne okozzon zavart a villamosenergia-hálózatban, mindeddig alapvetően két lehetőség állt rendelkezésre: az árak napi ciklusú, illetve napon belüli befolyásolása; valamint tartalék kapacitások biztosítása a hálózatban.

A Köstendorf Smart Grid projekt esetében számos egyéb mellett például azt vizsgálták, hogy a kisfeszültségű helyi elosztóhálózatban, hogy tudják kiküszöbölni az időjárásfüggő megújuló energiaforrások okozta fluktuációt. A szimulációk rámutattak, hogy a hálózatban lévő feszültség értéke akár másodpercek leforgása alatt is drasztikusan megváltozhat. Ráadásul a betáplálást háztartási méretű termelők esetében nehéz valós időben figyelemmel kísérni, a kritikus betáplálókat nehéz beazonosítani, mindemellett a probléma forrása is pillanatok alatt változhat. A hagyományos központosított feszültség- és árammérés a kisfeszültségű helyi hálózatok esetében semmilyen információval nem szolgál az aktuális betáplálók állapotáról. A megoldást az egyes egységekbe (napelemek, hőszivattyúk, elektromosautó-töltők) integrált vezérlőegység jelenthetné, ez azonban egy rendkívül drága és hosszadalmas tervezést igénylő folyamat lenne. Alternatívaként jelent meg az egyes egységek közötti kommunikáció ötlete – különösen, hogy ennek magasabb fokával a szabályozási folyamat is hatékonyabbá tehető. Általánosságban a cél a teljes rendszer kommunikáción alapuló automatizálása lenne annak érdekében, hogy elérjék a termelő oldal lehető legnagyobb rugalmasságát.



2. ábra: A PV-rendszer működési paramétereit ábrázoló táblagépes alkalmazás – Köstendorf (Havas M. felvétele)

Érdekes tanulsága a Köstendorf térségében zajló fejlesztéseknek, hogy a lakosság, de sokak szerint méginkább a politikusok hozzáállása – a szűken értelmezett műszaki szempontrendszert felülírva – milyen komolyan befolyásolhatja az energiarendszer működését. Nyilvánvalóan társadalomtudományi probléma ugyanis a **szélenergia** kapcsán tapasztalható határozott elutasítás, amelynek közvetlen hatásaként az egész térségben olyan akadályok állnak a szélerőművek alkalmazásának útjába, hogy a mai napig még egyetlen egy ilyen berendezést sem sikerült telepíteni, így ezek a smart grid rendszer működésével kapcsolatos kutatásba sem integrálhatók. Ez véleményünk szerint nyilvánvalóan komolyan korlátozza a kutatást (hiszen a szélerőművek ma már a villamosenergia-rendszer integráns elemei), éppen ezért a kapott eredmények, a feltárt összefüggések is csak bizonyos mértékű fenntartásokkal használhatók.

Building to Grid (B2G)

Érdekes témaként merül fel az egyes épületek villamosenergia-rendszerbe való integrálása is, amelyben az épületek energetikai rendszerének optimalizálását ICT alapokra épülő elektronikai eszközök végzi. Az elmúlt években több kísérleti projekt is lezajlott, illetve még folyik a térségben az épületek energetikai rendszerének optimalizálásának érdekében: a Lungau Modell Régióban, a Rosa-Hoffman-Straße apartmanjaiban (HiT projekt), illetve a köstendorfi Smart city Modell Közösségben.

A Salzburgi Smart city Modellrégióban kétféle módszert alkalmaztak az optimalizáció során: a) a megszakítható energiafogyasztású eszközök optimalizált vezérlését **hangfrekvenciás körvezérlés** (ripple control), segítségével; b) az háztartások energetikai rugalmasságának javítása **automatikus épületvezérlő-rendszer** segítségével – ez utóbbit tekinthetjük a valódi B2G-megközelítésnek.

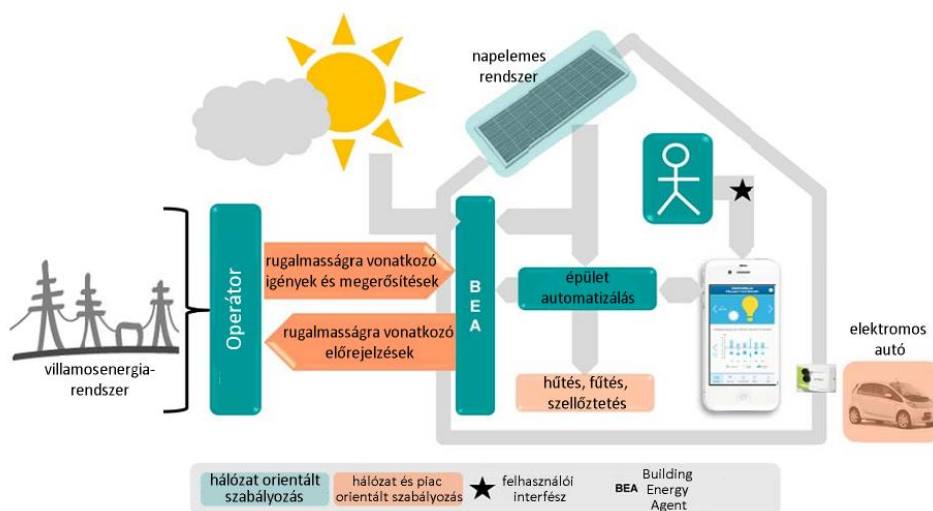
- a) A hangfrekvenciás körvezérlés a már meglévő elektromos fűtési és használati meleg víz (HMV) készítési rendszerek fejlesztéséből indul ki, ennek köszönhetően a megvalósításkor csak szerény beruházási költségekkel kell számolni. Problémaként merült fel azonban, hogy az elektromos fűtőegységek száma viszonylag csekély a régióban, ezért a működésre vonatkozó érdemi következtetéseket nehéz levonni. Annyi azonban világossá vált, hogy ebben a megoldásban a rendszer nagyban függ az időjárás viszonyoktól, valamint probléma, hogy nem veszi figyelembe az egyes háztartások eltérő paramétereit (pl. infrastruktúra, állapot).
- b) Az automatikus épületvezérlő-rendszer és a kapcsolódó B2G koncepció komoly előnye, hogy az épületbe épített szenzorok segítségével fel lehet mérni annak

energetikai paramétereit is, így optimalizálható a szükséges beavatkozások mértéke és a kapcsolódó beruházási költség.

A salzburgi „Building to Grid” projekt keretében 10 településen, így Köstendorfban helyeztek el automatikus épületvezérlőket, melyek a smart grid operátorral kommunikáltak, illetve végezték el az alábbi rendszeroptimalizálást segítő feladatokat:

- az épületek hőenergetikai paramétereinek diagnosztizálása, illetve azok változásának előrejelzése;
- terhelésváltozási-potenciál készítése adott időszakokra – beleértve a bemelegedési és lehülési fázisokat, valamint a rebound-effektust is;
- helyi energiatermelés optimalizálása az elektromos autók segítségével, illetve egyéb rugalmas terhelést biztosító fogyasztási eszközök révén;
- időjárási adatok és az energiaárak folyamatos figyelése, illetve előrejelzése.

Az épületen belüli rendszer lelke a Building Energy Agent (BEA). A folyamat lényege, hogy a nemzeti villamosenergia-hálózat operátorától érkező üzeneteket a BEA kezeli, amely kapcsolatban áll az épületben található energiatermelő és -fogyasztó egységekkel (többek között a napelemes rendszerrel, az elektromos személygépjárművel, hőszivattyúval, légkondicionálóval), valamint egy okostelefonon elérhető applikáció segítségével akár magával az épület tulajdonosával/bérlőjével is. A készülék internetes kapcsolata révén a legfrissebb időjárás-előrejelzési adatokat is felhasználja a kalkuláció során, majd egy előrejelzést ad a villamosenergia-rendszernek az épület pillanatnyi és várható energiaigényéről. A köstendorfi rendszer ma már a „power line communication” (PLC) technológiát használja, azaz, az adatátvitel az erősáramú vezetékeken keresztül zajlik.



3. ábra: A B2G projektben alkalmazott megközelítés (Reiter, D. - Emmermacher, L. ed. 2013 alapján M.B.)

A B2G alkalmazása során az egyik legfőbb probléma az volt, hogy míg a villamosenergia-hálózat operátora az energiaellátás zavartalanságát, addig a BEA az épület energiaigényeit és az energiaárakat tartja szem előtt. Ennek az ellentmondás helyzetnek a feloldására az ún. „traffic light” modellt alkalmazzák, amelynek az épület és a nemzeti energiarendszer kapcsolatának szempontjából három állapota van: a) optimális esetben a rendszer a piaci elvek szerint működik mindenféle megszorítás nélkül (zöld); b) bizonyos küszöbértékek megközelítése esetén piaci alapú beavatkozásokra van szükség egyes optimális műszaki paraméterek fenntartása érdekében (például frekvenciaszabályozás) (sárga); c) amint az energiarendszer bármely eleme elér egy kritikus küszöbértéket, az operátor a piaci szempontoktól eltekintve stabilizálhatja a rendszert (piros) (Reiter, D. - Emmermacher, L. ed. 2013).

Az elektromobilitás integrációja

A Salzburg Smart Grid Modellrégió egyik legfontosabb köztendorfi projektje (DG Demo Net Smart Low Voltage Grid) keretében azt tanulmányozták, hogy a nagy teljesítményű napelemes rendszerek és az elektromos autók hogyan integrálhatók a kismegfeszítésű villamos hálózatba intelligens tervezés, valós idejű rendszerfelügyelet és aktív hálózatvezérlés segítségével.

Ahhoz, hogy az elektromobilitást bele lehessen illeszteni az elektromos rendszerbe, szükség van egy keretrendszer felállítására, amelyben három megoldás szerepel:

- a) szabályozatlan töltés (uncontrolled charging): azonnali töltés, vagyis amint rendelkezésre áll olyan hely, ahol ez lehetséges, a töltés megkezdődik. Addig tart, amíg az akkumulátor teljesen feltöltődik, vagy az autót le nem választják a rendszerről.
- b) szabályozott töltés (controlled charging or discharging): a töltés (és nem töltés) előre tervezett. Három típusát definiálja a V2G Stratégia: piac által szabályozott (market oriented), terhelés által szabályozott (load oriented), termelés által szabályozott (generator oriented). Hátránya, hogy valós idejű adatokat, illetve a töltöttségi szintet ezekkel a módszerekkel nem lehet figyelembe venni, de alkalmazása ezzel együtt is jobb, mint a szabályozatlan töltésé.
- c) alkalmazkodó töltés (adaptive charging): előnye, hogy valós idejű információkat használ, ezért ez lehet a legjobb módja az elektromobilitás energiarendszerbe történő illesztésének. Az előre programozás itt is megtörténik, ám a real-time adatoknak köszönhetően a programozás során megadhatjuk a számunkra legideálisabb paramétereket, melyek teljesülésekor automatikusan indul el a töltés. Ennek a módszernek a bevezetése azonban a jelenlegi gazdasági körülményeket és szempontrendszert figyelembe véve még nem várható, ám amint ez megváltozik, feltétlenül ebbe az irányba kell lépéseket tenni.



4. ábra: A köstendorfi projektben használt két elektromosautó-típus, a norvég Think City és a japán Mitsubishi i-MiEV (Munkácsy B. felvétele)

Úgy tűnik tehát, hogy az elektromos autók egyre nagyobb arányú elterjedése indokolja majd az alkalmazkodó töltésre való átállást, ám vélhetően ezzel nem jutunk el a fejlődési folyamat végállomásához. Az elektromos autózás térnyerése jelentős szemléletváltást követel meg a villamosenergia-rendszer irányítóitól is. Egyes felmérések szerint az autók az idő 95%-ában parkolnak (Barter, P. 2013), és nincs ez másképp az elektromos autókkal sem. Esetükben azonban a bennük található akkumulátoroknak köszönhetően a villamosenergia-hálózatban egy virtuális tárolóegység jelenik meg, amelyet az akkumulátorok összessége jelent. Az elektromos járművek terjedésével ez a tárolókapacitás rohamosan növekszik. Bizonyos helyeken, például Norvégiában és Ausztria egyes részein, ahol az elektromos autózás nagy népszerűségnek örvend, a rendszerirányítók már azt vizsgálják, hogy hogyan használhatnák ki a rengeteg akkumulátor nyújtotta tárolókapacitást – a témában íródott tudományos értékű publikációk, értekezések száma megközelíti az 1700-at (sciencedirect.com).

Az bizonyos, hogy az autók tárolókapacitásának felhasználása érdekében a szemléletváltás nem elegendő, a villamosenergia-hálózat fejlesztése is szükséges, mégpedig olyan irányba, hogy a járművek ne csak fogyasztóként, hanem betáplálóként is részt vehessenek a rendszerben – azt is figyelembe véve, hogy a korszerű nézet szerint ma már az energiafogyasztás időbeliségét szükséges legalább részben a termeléshez igazítanunk és nem pedig fordítva. Ebbe a megközelítésbe tökéletesen illeszkedik az elektromos autók akkumulátora, amelyek kapacitása egy smart grid esetében virtuálisan összeadódik és akár villamosenergia-tárolóként (G2V), akár villamosenergia-betáplálóként (V2G) használható. Ez a tény akár az autógyártás és -fejlesztés új irányaira is hatással lehet, hiszen az akkumulátoros elektromos autók kínálta pufferkapacitás igen hasznos komponense lehet a jövő energiarendszerének, míg az alternatív megoldások (pl. a hidrogén alapú üzemanyagcellás elektromos meghajtás) a fenti előnyöknek csak egy szűk szeletét tudják biztosítani (Reiter, D. - Emmermacher, L. ed. 2013).

Az energiafelhasználás csökkentése, mint a fenntarthatóság elsődleges komponense

A Salzburg térségben egyre látványosabban kibontakozó új energetikai koncepció háttérében a CO₂-kibocsátás 30%-os csökkentésének, a megújuló energiaforrás részarány 50%-ra növelésének 2020-ig elérendő helyi céljai állnak (2005. évhez képest) – mindkettő elérésének kulcsa a felhasznált energia mennyiségének jelentős mértékű csökkentése. Ennek érdekében az élet számos területén igyekeznek lépéseket tenni, így például:

- a) épületenergetika (pl. Salzburg – Lehen városrész rehabilitációja);
- b) tájékoztató, képzési, oktatási projektek – például az energetikai felújításon átesett épületek helyes használata az energiapazarlás csökkentése érdekében

- (Salzburg – Lehen városrészben); vagy ingyenes energetikai tanácsadás a háztartások számára (Salzburgi-tóvidék); LED világítást népszerűsítő kiállítások (Salzburgi-tóvidék);
- c) áramfogyasztás csökkentése a mérés gyakoriságának javításával, illetve okos méréssel (évi 7% körüli eredménnyel);
 - d) energiafogyasztó berendezések cseréjének előmozdítása: kazáncsere támogatása (Salzburgi-tóvidék – „Heizkessel Casting” helyi kazángyártó cég támogatásával); mosógépcsere támogatása (Älteste Waschmaschine im Seenland);
 - e) elektromos közlekedés előmozdítása (Salzburg – trolibuszközlekedés korszerűsítése; Köstendorf – elektromos személygépjárművek);
 - f) közösségi közlekedés színvonalának javítása, például a menetrendek koordinálásával (Salzburg Smart Grid Modellrégió);
 - g) a kerékpározás infrastruktúrájának javítása (Köstendorf – helyi gyártású kerékpárutánfutók kedvezményes árusítása; Salzburg – kerékpártároló építése a vasúti pályaudvaron).



5. ábra: A pályaudvar impozáns kerékpártárolója, Salzburg (Munkácsy B. felvétele)

5. Összegzés

Az osztrák projektek elsődleges tapasztalata, hogy a hazai energiatervezés rossz úton jár, amikor pusztán energetikai megoldásokban gondolkodva igyekszik jövőképet alkotni. Az energiatervezés minden kétséget kizáróan csakis holisztikus megközelítésben, a tudományterületek minél nagyobb körét bevonva (a társadalomtudományokat is beleértve) szolgálhat értékes és használható információkkal a döntéshozók számára.

A smart grid/city koncepcióra fókuszálva az is világosan látszik, hogy – noha a különféle tervezési dokumentumokban szép számmal megjelenik a koncepció –, az osztrák projektekhez hasonló tényleges érdemi eredmények hazánkban ezen a téren mindeddig nem láthatók. A köstendorfi projekthez legközelebb talán a **Bükk-térségi LEADER** közösség kezdeményezése jutott, ahol 42 település igyekszik a hazai átlagból kiemelkedni, a mintegy 40-50 éves lemaradást legalább részben ledolgozni. A program legfőbb erénye a korszerű szemlélet, vagyis az, hogy az egymástól független Smart Village/City elképzelések helyett a teljes területre, a 42 település által érintett földrajzi térségre vonatkozó megközelítést, vagyis a **Smart Territory**-t próbálják megvalósítani. Az osztrák programok finanszírozásának töredékéből tengődve, hétköznapi problémák sokaságának súlyától agyonnyomva a kezdeményezés sajnos mindeddig alig jutott tovább néhány egymástól elszigetelt megújuló beruházás megvalósításán. Ráadásul a sajátos finanszírozási helyzet, a 100%-os támogatásintenzitás nem hat ösztönzően a megvalósítás minőségére. A rosszul tájolt napelemes rendszerek; az eldugott elektromos autó töltőpontok; a megépített, ám évek óta be nem üzemelt szélgenerátor mind-mind arra utalnak, hogy – a legjobb igyekezet ellenére – pénz (és ebből finanszírozott multidiszciplináris felkészültségű, legalább 8-10 fős szakembergárda) nélkül nemzetközi szintű eredményeket nem lehet elérni. De még ha volna is pénz, hol van az az európai felkészültségű műszaki értelmiség, amelyik képes volna egy smart rendszer létrehozására és működtetésére? Miközben egy-egy európai egyetemi energiagazdálkodási tudáscentrum szárnyai alól tucatjával kerülnek ki a smart energy témában működő kisebb-nagyobb független kutatóintézetek, vállalkozások, nálunk a felsőoktatási intézmények többsége még mindig a 20. század számára képzi a hallgatókat, a jövő helyett a múlt technológiáival (centralizált energiarendszer, atomerőmű) terheli a következő mérnökgenerációt. A témában ennek ellenére mégis megfelelő tudásra és jártasságra szert tett kevés számú szakember az atomerőmű-építés lázában nem jut sem térhez, sem levegőhöz, sem érdemi finanszírozáshoz.

A fentiek tükrében vajon merre mozduljon el a Bükk Leader térség 42 faluja (és a többi, csaknem 3000 hazai település), ha fenntartható, alacsony környezeti terhelésű energiarendszert szeretne létrehozni és működtetni? Félő, hogy a Smart Village/City irányába vezető út egyelőre nálunk még túl sok akadállyal terhes (mind finanszírozási, mind humánerőforrás oldalon). A másik út a hagyományos megközelítés, így például a

megfelelő technológia (appropriate technology) alkalmazása, ami minden bizonnyal jobban járható út volna – még akkor is, ha ez sajnálatosan magában hordozza a végleges lemaradás lehetőségét a legújabb nemzetközi irányzatokhoz képest. Ha azonban célként az európai utat kívánjuk választani, akkor az **erre felkészült** energetikus-társadalom sokkal nagyobb összefogására, az eddig outsider-ként kezelt társterületek (építészek, közlekedésmérnökök, hulladékgazdálkodási szakemberek, agrár- és erdőmérnökök, geográfusok, szociológusok, kommunikációs szakemberek) intenzív bevonására volna szükség – más út egy ausztriai tapasztalatszerzés fényében nem látszik.

Köszönetnyilvánítás:

A tanulmány elkészítése kapcsán számos interjú készült, személyes konzultáció történt, melyekhez kapcsolódóan ezúton köszönjük meg az alábbi szakértők közreműködését: **Sabine Gadocha** - Studio iSPACE, Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH; **Gerhard Pausch** – Regionalverband Salzburger Seenland; **Markus Radauer** - Center Elektrische Netze, Salzburg Netz GmbH; **Ingrid Schardinger** - Studio iSPACE, Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH; **Peter Stiegler** – Salzburger Institut für Raumordnung & Wohnen; **Inge Strassl** – Salzburger Institut für Raumordnung & Wohnen.

A tanulmány az **OTKA K112477** kutatási projekt finanszírozásával, annak keretében készült.

Hivatkozások

- [1] Abella-García, A. - Ortiz- de-Urbina-Criado, M. - De-Pablos-Heredero, C. 2015: The ecosystem of services around Smart cities: An exploratory analysis – Procedia Computer Science 64. pp. 1075-1080. http://ac.els-cdn.com/S1877050915026897/1-s2.0-S1877050915026897-main.pdf?_tid=9898a820-7d9c-11e5-9667-00000aab0f27&acdnat=1446054903_36f4f16648c828b5ca81c6382b65be8a utolsó elérés: 2015.10.31.
- [2] Barter, P. 2013: <http://www.reinventingparking.org/2013/02/cars-are-parked-95-of-time-lets-check.html> utolsó elérés: 2015.10.31.
- [3] Bauer, M. A. - Brown, A., 2014: Quantitative assessment of appropriate technology. 348. p.

- [4] Bisegna, F. - Mattoni, B. - Gugliermetti, F. 2015: A multilevel method of assess and design the renovation and integration of Smart Cities. – Sustainable Cities and Society. pp. 105-119.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670714001371> utolsó elérés: 2015.10.31.
- [5] European Parliament: Directorate-General for Internal Policies. 2. The Definiton of a Smart city and its characteristics (2014). Mapping smart cities in the UE, POLICY DEPARTMENT A: ECONOMIC AND SCIENTIFIC POLICY, IP/A/ITRE/ST/2013-02 PE 507.480 pp. 17-31.
<http://www.smartcities.at/assets/Publikationen/Weitere-Publikationen-zum-Thema/mappingsmartcities.pdf> utolsó elérés: 2015.10.31.
- [6] EVATRAN 2014: Plugless™ Level 2 EV Charging System.
https://www.pluglesspower.com/wp-content/uploads/2014/02/Plugless_Tech_Specs.pdf utolsó elérés: 2015.10.31.
- [7] Garcia-Ayllon, S. - Miralles, J. L., 2015: New strategies to improve governance in territorial management: evolving from „smart cities” to „smart territorries” - Procedia Engineering. 2015. 118. pp. 3-11.
- [8] Giffinger, R. - Fertner, C. - Kramar, H. - Meijers, E. - Pichler-Milanovic, N. 2007: Smart cities: Ranking of European medium-sized cities. Vienna University of Technology. p. 28
http://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf utolsó elérés: 2015.10.31.
- [9] KEF (n.d.): Climate and Energy Model Regions An Austrian blueprint for a successful bottom-up approach in the field of climate change and energy. 4 p.
<https://www.klimafonds.gv.at/assets/Uploads/Downloads->

Frderungen/KuE-Modellregionen/Fact-Sheet-Climate-and-Energy-Model-Regions.pdf utolsó elérés: 2015.10.31.

- [10] Kemp, M. (szerk) 2010: Zero Carbon Britain 2030 - a New Energy Strategy. Centre for Alternative Technology; 384 p.
- [11] Merriam Webster, 2015: Definition of appropriate technology – Online dictionary
- [12] <http://www.merriam-webster.com/dictionary/appropriate%20technology>
- [13] Mark, Z. J. - Delucchi, M. A. - Bazouin, G. - Bauer, Z. A. F. - Heavey, C. C. - Fisher, E. - Morris, S. B. - Piekutowski, D. J. Y. - Vencill, T. A. - Yeskoo, T. W. - 100% clean and renewable wind, water and sunlight (WWS) all-sector energy roadmaps for the 50 United States - Energy and Environmental Science. 2015. 8. pp. 2093-2117
- [14] Paroutis S. - Bennett, M. - Heracleous Z., 2013: A strategic view on Smart city technology: The case of IBM Smarter Cities during a recession. – Technological Forecasting & Social Change. pp. 262-272
- [15] http://ac.els-cdn.com/S0040162513002266/1-s2.0-S0040162513002266-main.pdf?_tid=da45d6e4-7d8d-11e5-9a3e-00000aab0f26&acdnat=1446048571_a40829103cdced9480fb56094d3c82f5 utolsó elérés: 2015.10.31.
- [16] Reiter, D. - Emmermacher, L. (ed.) 2013: Result and Findings from the Smart Grid Model Region Salzburg. Salzburg AG für Energie, Verkehr und Telekommunikation, Bereich Netze, 108 p.
- [17] http://www.smartgridssalzburg.at/fileadmin/user_upload/downloads/SGMS_Results_Findings_05-2013.pdf utolsó elérés: 2015.10.28.
- [18] Soumaya Ben Letaifa, 2015: How to strategize smart cities: Revealing the SMART model. – Journal of Business Research. pp. 1414-1419.

- [19] http://ac.els-cdn.com/S0148296315000387/1-s2.0-S0148296315000387-main.pdf?_tid=69597de6-7d9c-11e5-b985-00000aacb35f&acdnat=1446054824_a872054b0ae0ab17ae6757698a04cf1d utolsó elérés: 2015.10.31.
- [20] Swiss Federal Statistical Office, 2006: Switzerland's ecological footprint - A contribution to the sustainability debate. p. 56
<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/en/index/themen/21/22/lexi.Document.86632.pdf> utolsó elérés: 2015.10.31.